

DE 904096

Title: Particle Beam Microscope

Inventor: Bodo von Borries

Applicant: Siemens & Halske AG

Publication date: September 25, 1952

During the work with electron microscopes, it has been shown that the alignment of the optical axis of the objective lens with the mechanical axis of the microscope is of extraordinary importance for the quality of the picture. Even the highest mechanical precision in the production of pole shoes of magnetic lenses or the electrodes of electrostatic lenses does not always lead to the aimed goal, because the magnetic or electrical axis might not coincide with the mechanical axis due to inhomogeneities of the material or the surface. As yet, in order to achieve the necessary exact adjustment, one has tilted the complete objective lens. For this purpose, substantial mechanical adjusting means are required. Moreover, such an adjustment is hard to achieve during observation of the picture, if it is also demanded that during adjustment the radiation apparatus and the condenser lens should remain unchanged.

According to the invention, the aforementioned problems are overcome in that for the alignment of the optical axis of the objective with the axis of the microscope, when using a magnetic objective at least one of the pole shoes, or when using an electrostatic objective at least one of the lens electrodes are adjustable by small quantities in a direction transverse to the beam axis. This displacement of the pole shoes or the electrodes may be carried out independently from the displacement of the object by using similar means as used for object displacement. In particular, the means for displacement are appropriately formed in a manner that allows for adjustment during observation of the picture. To this end, the adjustment means of the pole shoes or the lens electrodes are led through the vacuum wall to the outside, so that adjustment of the microscope may be carried out from outside. According to a further embodiment of the invention, also the aperture of the lens system is provided adjustable in a transverse direction to the beam direction. Indeed, there will be a disturbance of the mechanical rotational symmetry by parallel shifting of the pole shoes or the lens electrodes. Yet, this disturbance is of smaller influence than the unsymmetry of the imaging field. The invention may be applied to all particle beam apparatuses and also to all typical lens systems applied therein.

In Fig. 1, an embodiment of the invention is shown in a cross sectional view of the electromagnetic objective lens of an electron microscope. Reference numeral 1 refers to the coil of the lens. The lens is surrounded by a magnetic shell 2 known from the art. On the interior side of the shell, a gap is left blank, which is filled by a brass ring. The shell extends in a downward direction into a conical fitting piece 4, which is inserted into a part of the electron microscope 5 situated below and provided with a respective inner cone. Reference numerals 6 and 7 refer to the two ring-shaped pole shoes of the lens. Between these pole shoes, an objective aperture 8 is disposed. The pole shoes are assembled from two parts placed into each other in a manner apparent from the figure. The pole shoe parts 7 are kept together by means of the ring 9. Furthermore, the lower pole shoe is screwed on the shell 2 through ring 10.

The upper part 11 of pole shoe 7 is disposed in a manner to be shiftable in a transverse direction to the beam axis. To this end, the contact surfaces 12 of the parts 11 and 7 are formed as spherical faces, whose centre is at the position where the beam axis penetrates the intermediate image 13. A lever 14, supported at 15, serves to shift part 11 with respect to part 7 in a transverse direction. Lever 14 is bifurcated at its lower part 16. A pin 17, which is extended at its left side and which is adjustable by an outer drive transversely to the beam axis, engages with the fork. Pin 17 is screwed in a bolt 18, which on its part is adjustable at its right end via the thread 19 by turning a nut 20. The bolt 18 is sealed by a rubber disk 21, whose outer rim is pressed against boss 24 by a pressure ring 22 and a nut 23, while the inner part is pressed against the bolt head 27 by a nut 25 and a pressure ring 26. A special wrench is used for the adjustment, which fits via two pins into the bores 28 and 29 of the nut 20.

When lever 14 turns counter-clockwise, it exerts a force on part 11, so that part 11 is moved to the left against the force of two levers not shown in the figure, which are supported by two springs. Two adjustment means according to 14 to 29, which are offset by  $120^\circ$ , are used for the shifting of 11 in any direction, whereas in the third direction, which is again offset by  $120^\circ$ , an arrangement of rods according to 14 to 16 is applied, which is put under tension by a spring. During the backward movement of one of the two driven levers 14, the spring affecting the third lever pushes part 11 back in a direction from left to right. The objective aperture 8 has also an adjustment means with a similar construction. In the figure, a lever 30 assigned to this aperture is shown, which may be rotated about axis 31. Here, out of the three levers offset by  $120^\circ$ , only the lever affected by the retraction spring is shown. While turning counter-clockwise, the retraction spring 32 is put under tension and, when the force exerted via the adjustment levers driven as described above and not shown in the figure, on aperture 8

decreases, it distorts the lever 30 clockwise and thereby re-shifts aperture 8 from left to right. On the left side of Fig. 2, a bottom view of aperture 8 is shown, and on the right side a top view of brass ring 33 is shown.

## CLAIMS

1. Particle beam microscope, characterised in that for the alignment of the optical axis of the objective with respect to the axis of the microscope, when using a magnetic objective, at least one of the pole shoes, or when using an electrostatic objective, at least one of the lens electrodes is adjustable by small quantities in a direction transverse to the beam axis.
2. Apparatus according to claim 1, characterised in that the adjustment can be carried out from the outside during operation of the microscope.
3. Apparatus according to claim 1 or 2, characterised in that also the objective aperture is adjustable in a direction transverse to the beam direction.
4. Apparatus according to claim 1 or any of the following claims, characterised in that, when using a magnetic objective lens, the lower pole shoe is adjustable via levers whose outer drive is situated below the coil of the lens.

## Cited Literature:

Annalen der Physik, episode 5, volume 26, 1936, p. 631 – 644;  
Jahrbuch der AEG, Science, volume 7, 1940, p. 43 – 52.

Erteilt auf Grund des Ersten Überleitungsgesetzes vom 8. Juli 1949

(WiGBL S. 175)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM  
15. FEBRUAR 1954

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr. 904 096

KLASSE 21g GRUPPE 37<sup>20</sup>

S 6756 VIII c / 21g

Dr.-Ing. habil. Bodo v. Borries, Düsseldorf  
ist als Erfinder genannt worden

Siemens & Halske Aktiengesellschaft, Berlin und München

## Korpuskularstrahlmikroskop

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 9. Oktober 1940 an

Der Zeitraum vom 8. Mai 1945 bis einschließlich 7. Mai 1950 wird auf die Patentdauer nicht angerechnet

(Ges. v. 15. 7. 51)

Patentanmeldung bekanntgemacht am 25. September 1952

Patenterteilung bekanntgemacht am 31. Dezember 1953

Beim Arbeiten mit Elektronenmikroskopen hat sich gezeigt, daß die Ausrichtung der optischen Achse des Objektivs zur Achse des Mikroskops von außerordentlicher Bedeutung für die Bildgüte ist. Eine mechanisch noch so günstige genaue Herstellung der Polschuhe bei magnetischen Linsen oder der Elektroden bei elektrischen Linsen führt nicht immer zum erwünschten Ziel, da durch Inhomogenitäten des Materials oder der Oberfläche die magnetische bzw. die elektrische Achse nicht mit der mechanischen übereinzustimmen braucht. Um die erforderliche genaue Justierung zu erreichen, hat man bisher das gesamte Objektiv verkantet. Hierzu sind umfangreiche mechanische Verstelleinrichtungen erforderlich. Außerdem ist eine solche Justierung während der Beobachtung des Bildes schwer zu erreichen, wenn auch noch die Forderung gestellt wird, daß bei der Justierung der

Bestrahlungsapparat einschließlich der Kondensorlinse ungeändert bleiben soll. Die genannten Schwierigkeiten werden erfindungsgemäß dadurch überwunden, daß zur Ausrichtung der optischen Achse des Objektivs gegenüber der Achse des Mikroskops bei Verwendung eines magnetischen Objektivs mindestens einer der Polschuhe oder bei Verwendung eines elektrostatischen Objektivs mindestens eine der Linsenelektroden um kleine Beträge quer zur Strahlachse verstellbar ist. Diese Verschiebung der Polschuhe bzw. der Elektroden kann unabhängig von der Objektverschiebung mit ähnlichen Antriebsvorrichtungen durchgeführt werden, wie sie für die Objektverschiebung verwendet werden. Die Vorrichtungen zur Justierung werden insbesondere zweckmäßig so durchgebildet, daß die Justierung während der Beobachtung des Bildes möglich ist. Zu diesem Zweck werden die Verstell-

einrichtungen der Polschuhe bzw. der Linsenelektroden durch die Vakuumwand hindurch nach außen geführt, so daß die Verstellung während des Betriebes des Mikroskops von außen her erfolgen kann. Gemäß der weiteren Erfindung wird man auch die Objektivblende quer zur Strahlrichtung verstellbar anordnen. Durch die Parallelverschiebung der Polschuhe bzw. der Linsenelektroden tritt zwar eine Störung der mechanischen Rotations-symmetrie ein. Diese Störung ist jedoch von geringerem Einfluß als die durch die Parallelverschiebung zu kompensierende Unsymmetrie des Abbildungsfeldes. Die Erfindung kann bei allen Korpuskularstrahlapparaten und auch bei allen hierfür üblichen Linsensystemen angewendet werden.

Als Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 ein Querschnitt durch die elektromagnetische Objektivlinse eines Elektronenmikroskops dargestellt. Mit 1 ist die Wicklung der Linse bezeichnet. Diese ist in üblicher Weise durch einen magnetischen Mantel 2 umgeben. Nach der Innenseite zu ist in diesem magnetischen Mantel ein Spalt freigelassen, der durch einen Messingring 3 ausgefüllt ist. Der Mantel 2 ist nach unten hin zu einem konischen Paßstück 4 verlängert, das in einen entsprechend mit einem Innenkonus versehenen, darunter liegenden Teil 5 des Elektronenmikroskops eingesetzt wird. Mit 6 und 7 sind die beiden ringförmigen Polschuhe der Linse bezeichnet. Zwischen diesen Polschuhen befindet sich eine Objektivblende 8. Die Polschuhe sind in der aus der Figur ersichtlichen Weise aus zwei ineinandergesetzten Teilen zusammengefügt. Die Polschuhteile 7 werden mit Hilfe des Ringes 9 zusammengehalten. Der untere Polschuh ist fernerhin durch den Ring 10 am Mantel 2 festgeschraubt.

Der obere Teil 11 des Polschuhes 7 ist quer zur Strahlachse verschiebbar angeordnet. Zu diesem Zweck sind die Berührungsflächen 12 der Teile 11 und 7 als Kugelfläche ausgebildet, deren Mittelpunkt an der Stelle liegt, wo die Strahlachse das Zwischenbild 13 durchdringt. Zur Querverschiebung des Teiles 11 gegenüber dem Teil 7 dient ein Hebel 14, der bei 15 drehbar gelagert ist. Der Hebel 14 ist an seinem unteren Teil bei 16 gabelförmig ausgebildet. In diese Gabel greift ein am linken Ende erweiterter Stift 17 ein, der durch einen äußeren Antrieb quer zur Strahlachse verstellbar werden kann. Der Stift 17 ist in einen Bolzen 18 eingeschraubt, der seinerseits am rechten Ende mit Hilfe des Gewindes 19 durch Drehen einer Mutter 20 verstellbar werden kann. Zur Abdichtung des Bolzens 18 dient eine Gummischeibe 21, deren äußerer Rand durch einen Druckring 22 und eine Mutter 23 gegen die Nabe 24 gedrückt wird, während der innere Teil durch eine Mutter 25 und einen Druckring 26 gegen den Schraubenkopf 27 gepreßt wird. Zur Verstellung wird ein besonderer Schlüssel benutzt, der mit zwei Stiften in die Bohrungen 28 und 29 der Mutter 20 paßt.

Der Hebel 14 übt bei seiner Drehung entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn einen Druck auf den Teil 11 aus, so daß dieser entgegen dem Druck zweier in der Figur nicht dargestellter, durch Federn abgestützter Hebel nach links verstellbar wird. Zur Verschiebung von 11 in allen Richtungen dienen zwei um  $120^\circ$  versetzte Verstellorgane gemäß 14 bis 29, während in der dritten, wiederum um  $120^\circ$  versetzten Richtung ein Gestänge gemäß 14 bis 16 angebracht ist, das durch eine Feder gespannt ist. Bei der rückläufigen Bewegung des einen der beiden angetriebenen Hebel 14 drückt die am dritten Hebel angreifende Feder den Teil 11 wieder in Richtung von links nach rechts zurück.

Die Objektivblende 8 besitzt ebenfalls eine ähnlich aufgebaute Verstellvorrichtung. In der Figur ist ein dieser Blende zugeordneter Hebel 30 dargestellt, der um die Achse 31 gedreht werden kann. Hier ist von den drei um  $120^\circ$  versetzten Hebeln derjenige gezeichnet, an dem die Rückstellfeder angreift. Beim Drehen entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn spannt sich dabei die Rückstellfeder 32, welche beim Nachlassen des mit Hilfe der nicht dargestellten, wie oben angetriebenen Verstellhebel auf die Blende 8 ausgeübten Druckes den Hebel 30 im Uhrzeigersinn verdreht und damit die Blende 8 von links nach rechts zurückverstellt.

In Fig. 2 ist auf der linken Seite eine Ansicht der Blende 8 von unten dargestellt, auf der rechten Seite ist der Messingring 33, von oben gesehen, dargestellt.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Korpuskularstrahlmikroskop, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ausrichtung der optischen Achse des Objektivs gegenüber der Achse des Mikroskops bei Verwendung eines magnetischen Objektivs mindestens einer der Polschuhe oder bei Verwendung eines elektrostatischen Objektivs mindestens eine der Linsenelektroden um kleine Beträge quer zur Strahlachse verstellbar ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellung von außen her während des Betriebes des Mikroskops erfolgen kann.

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß auch die Objektivblende quer zur Strahlrichtung verstellbar ist.

4. Einrichtung nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung einer magnetischen Objektivlinse der untere Polschuh durch Hebel verstellbar werden kann, deren äußerer Antrieb unterhalb der Wicklung der Linse liegt.

#### Angezogene Druckschriften:

Annalen der Physik, Folge 5, Bd. 26, 1936, S. 631 bis 644;  
Jahrbuch der AEG, Forschung, Bd. 7, 1940, S. 43 bis 52.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

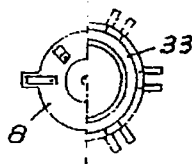
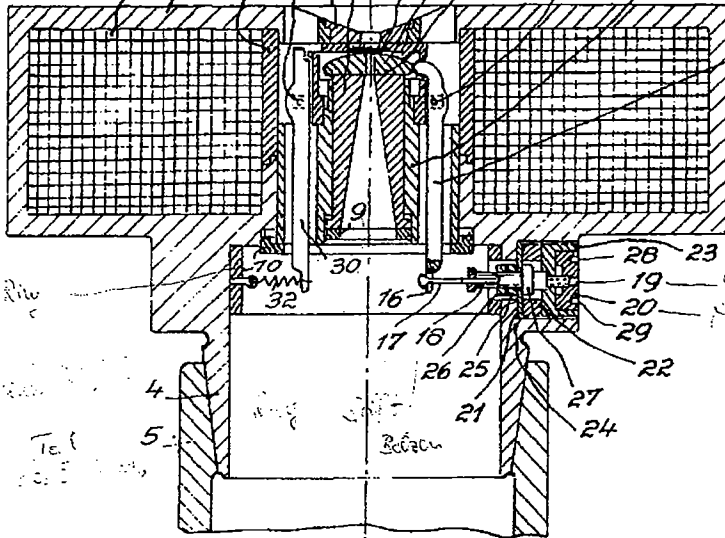


Fig. 2